

PAT-NO: JP404273435A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04273435 A
TITLE: DRY ETCHING METHOD
PUBN-DATE: September 29, 1992

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SHINOHARA, KEIJI

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SONY CORP N/A

APPL-NO: JP03055520
APPL-DATE: February 28, 1991

INT-CL (IPC): H01L021/302

US-CL-CURRENT: 216/76

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent undercuts on a barrier metal layer for a method which dry-etches a compound film made of laminated barrier metal and a Cu material layer.

CONSTITUTION: An etching device which has a first etching chamber 11 for high-temperature process connected to a second etching chamber 21 for low-temperature process through a second gate valve 34 is used. A wafer 19 is heated to 150-300°C by a heater 14 integrated with a first wafer mounting electrode 13, and a Cu layer is etched using common chroline gas, NO<SB>2</SB> gas, etc. Then, the wafer 19 is cooled to approximately 40°C on a second

wafer mounting electrode 23 which incorporates a cooling water tube
24 and
barrier metal such as Ti/TiON is etched using common chlorine gas,
etc.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-273435

(43) 公開日 平成4年(1992)9月29日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

B 7353-4M

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-55520

(22) 出願日 平成3年(1991)2月28日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 篠原 啓二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

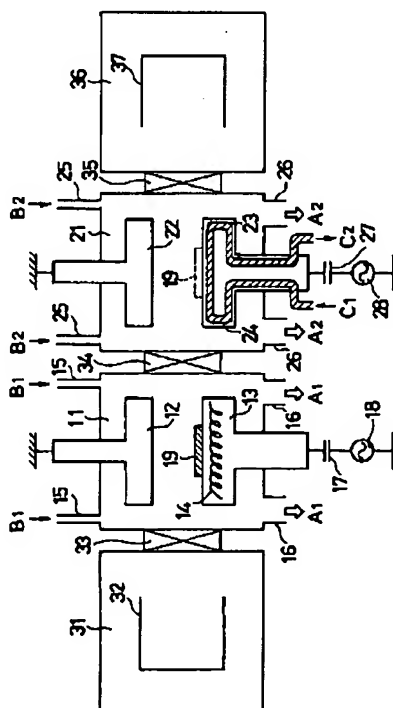
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57) 【要約】

【目的】 パリヤメタルとCu系材料層が積層された複合膜をドライエッチングする方法において、パリヤメタル層へのアンダカットの発生を防止する。

【構成】 高温プロセス用の第1のエッチング・チャンバ11と低温プロセス用の第2のエッチング・チャンバ21が第2のゲート・バルブ34を介して接続されたエッチング装置を使用する。まず、第1のウェハ載置電極13に内蔵されたヒータ14でウェハ19を150～300℃に加熱し、公知の塩素系ガスやNO_xガス等を用いてCu層をエッチングする。続いて、冷却水管24を内蔵する第2のウェハ載置電極23上でウェハ19を40℃程度に冷却し、公知の塩素系ガス等を用いてTi/TiON系等のパリヤメタルをエッチングする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上にバリヤメタルと銅系材料層とが順次積層されてなる多層膜をエッチングするドライエッチング方法において、前記バリヤメタルのエッチング時における前記基板の加熱温度を、前記銅系材料層のエッチング時における前記基板の加熱温度よりも低く設定することを特徴とするドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体装置の製造分野等において銅(Cu)系材料層のエッチングに適用されるドライエッチング方法に関し、特にバリヤメタルとCu系材料層とが積層されてなる多層膜の異方性エッチングを可能とする方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年のVLSI、ULSI等にみられるように半導体装置の高集積化および高性能化が進むに伴い、金属配線のデザイン・ルールもサブミクロンさらにはクォーターミクロンに微細化されようとしている。従来、半導体装置における金属配線はアルミニウム(Al)系材料によるものが主流である。しかし、Al系の金属配線ではデザイン・ルールが0.5μmよりも微細になるとエレクトロマイグレーション等により配線の信頼性が劣化する上に、抵抗値を低く維持する必要からアスペクト比が1~2と大きくなり、その後の絶縁膜形成や平坦化等の一連のプロセスが実施困難となる。かかる背景から、Cu系の金属材料による配線形成が注目されている。Cuはエレクトロマイグレーション耐性が高い上、電気抵抗率が約1.4μΩcmと低く、Alの半分程度に過ぎない。したがって信頼性を損なうことなく金属配線層を薄膜化することが可能となり、アスペクト比も軽減される。

【0003】 しかし、銅Cu系材料層のエッチングについてはまだその可能性が研究レベルで模索されている段階であり、実用化を目指す前には技術的に解決すべき課題が多い。たとえば、CuはAl系材料や高融点金属材料等の他の配線材料と異なり、ハロゲン系ガスではエッチングされにくい。これは、反応生成物である銅ハロゲン化物の室温付近における蒸気圧が極めて低いからである。たとえば、CuClおよびCuCl₂は融点でみてそれぞれ430℃および620℃であり、被エッチング基板(ウェハ)を高温に加熱して蒸気圧を高めない限り反応生成物の速やかな揮発除去は望めない。

【0004】 そこで従来、塩化物の形でCuを除去するエッチング・プロセスでは、ウェハの温度がおおよそ200~400℃に設定されている。たとえば、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス(Japanese Journal of Applied Physics)第28巻6号L1070~L1072ページ(1989年)に報告されている技術で

2

は、ウェハを250℃付近に加熱しながらSiCl₄とN₂との混合ガスによりCu薄膜の反応性イオンエッチングが行われている。

【0005】 ところで、Cuは単結晶シリコンや多結晶シリコン等のシリコン(Si)系材料と合金化反応を起こすため、実用レベルではAl配線の場合と同様、バリヤメタルと積層された多層膜構造として使用されるものと考えられる。このバリヤメタルは、通常、遷移金属またはその窒化物、炭化物、酸窒化物、ホウ化物等の遷移金属化合物の他、高融点金属シリサイド、合金等で形成される。また、その構成も単層のみならず、複数の種類の膜が組み合わせられる場合も多い。

【0006】 たとえば、基板側から金属配線層側へ向けて順にT1層とT1N層とが積層されてなる2層構造のバリヤメタル(T1/T1N系)はその代表例である。T1層は酸素に対して高い親和力を有するため不純物拡散層の表面に形成されている自然酸化膜を還元する作用があり、低抵抗のオーミック・コンタクトを安定に達成する観点からは優れたコンタクト材料である。しかし、単独では十分なバリヤ性を持たない。一方のT1N層は、熱力学的にSiに対して安定でありT1層よりはバリヤ性は高いが、特にp型Siに対するコンタクト抵抗が高く、単独では低抵抗なオーミック・コンタクトを形成することは困難である。そこで、T1層とT1N層を順次積層して、両層の長所を活かしているわけである。

【0007】 さらに近年では、上記T1N層のバリヤ性をより一層向上させるための対策として、T1N層の成膜時に酸素を導入することにより該T1N層の粒界に酸素を偏析させたT1ON層も提案されている。これは、速い拡散経路となる粒界を不活性化することにより金属配線材料の粒界拡散を抑制する手法である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、Cu系材料層のエッチングは上述のようにウェハを加熱しながら行うことが必要であるが、該Cu系材料層がT1/T1ON系のようなバリヤメタル上に積層されている場合、同じ加熱条件でバリヤメタルのエッチングを行うと該バリヤメタルにアンダカットが入るという問題が生ずる。したがって、このような多層膜を高異方性をもってエッチングするためには、従来のドライエッチング方法に何らかの改良を加えることが必要となる。そこで本発明は、バリヤメタルとCu系材料層とが積層されてなる多層膜のドライエッチングにおいて高異方性を達成することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明のドライエッチング方法は、上述の目的を達成するために提案されるものであり、基板上にバリヤメタルとCu系材料層とが順次積層されてなる多層膜をエッチングする方法であって、前記バリヤメタルのエッチング時における前記基板の加

3

熱温度を、前記Cu系材料層のエッチング時における前記基板の加熱温度よりも低く設定することを特徴とするものである。

【0010】

【作用】本発明者は上述の目的を達成するために検討を行った結果、Cu系材料層とバリヤメタルのエッチング過程では、反応生成物の蒸気圧が大きく異なっている点に着目した。たとえば、エッチング・ガスとして塩素系ガスを使用した場合、反応生成物であるTiCl₄の沸点は136℃と低い、塩化銅は、融点ですらTiCl₄の沸点よりも かに高い。したがって、塩化銅を揮発させるに必要な基板の加熱温度を維持したままバリヤメタルのエッチングを行うと、TiCl₄の蒸気圧が大きくなり過ぎ、バリヤメタルのエッチング反応が過度に促進されてアンダカットが生ずるのである。そこで、本発明では上述の知見にもとづき、バリヤメタルのエッチング時にはCu系材料層のエッチング時と比べて基板の加熱温度を下げる。つまり、多層膜のエッチング工程を2段階に分け、それぞれの材料層から生成し得る反応生成物の蒸気圧に見合った温度で基板の加熱を行うことにより、異方性加工が実現できる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例について、図面を参照しながら説明する。まず、エッチング・プロセスの説明に入る前に、本発明において使用されるエッチング装置の一構成例について図2を参照しながら説明する。

【0012】このエッチング装置は、相対的に高い基板加熱温度にてCu系材料層のエッチングを行う第1のエッチング・チャンバ11と、相対的に低い基板加熱温度にてバリヤメタルのエッチングを行う第2のエッチング・チャンバ21とが第2のゲートバルブ34を介して接続され、両チャンバ11、21間で被エッチング基板(ウェハ)19が真空搬送されるようになされたものである。

【0013】上記第1のエッチング・チャンバ11は、平行平板型RIE(反応性イオン・エッチング)の構成にもとづくものであり、対向配置された上部電極12と第1のウェハ載置電極13との間にRF電界を印加し、放電により生成されるプラズマを用い、ウェハ19に対して所定の処理を行うようになされたものである。この第1のエッチング・チャンバ11の天井部には、処理に必要なガスを図中矢印B₁方向から供給するためのガス供給管15が開口している。また、第1のエッチング・チャンバ11の底面には、処理に伴って発生する反応生成物やパーティクル等を除去するために系内のガスを図中矢印A₁方向に排気するための排気口16が開閉されている。上記第1のウェハ載置電極13にはヒータ14が内蔵されており、その上に載置されるウェハ19を加熱可能となされている。さらに、上記第1のウェハ載置

4

電極13には直流成分を遮断するためのブロッキング・コンデンサ17を介してRF電源18が接続され、カソード・カップリング型の構成とされている。

【0014】一方、上記第1のエッチング・チャンバ11に第2のゲート・バルブ34を介して接続される上記第2のエッチング・チャンバ21も、同様に平行平板型RIE(反応性イオン・エッチング)の構成にもとづくものであり、内部には上部電極22と第2のウェハ載置電極23とが対向配置されている。この第2のエッチング・チャンバ21の天井部には、処理に必要なガスを図中矢印B₂方向から供給するためのガス供給管25が開口している。また、第2のエッチング・チャンバ21の底面には、系内のガスを図中矢印A₂方向に排気するための排気口26が開閉されている。上記第2のウェハ載置電極23には冷却水管24が内蔵されており、図示されない温調機等から冷却水を図中C₁、C₂方向に循環させることにより、その上に載置されるウェハ19を冷却可能となされている。上記第2のウェハ載置電極23には直流成分を遮断するためのブロッキング・コンデンサ27を介してRF電源28が接続され、同様にカソード・カップリング型の構成とされている。

【0015】上記第1のエッチング・チャンバ11の前段には、複数のウェハ19を一括して収納するロード用カセット32と図示されないウェハ搬送機構等を備えたロード室31が第1のゲート・バルブ33を介して接続されている。また、上記第2のエッチング・チャンバ21の後段には、複数のウェハ19を一括して収納するアンロード用カセット37と図示されないウェハ搬送機構等を備えたアンロード室36が第3のゲート・バルブ35を介して接続されている。かかる装置構成によれば、ウェハ19をロード室31から第1のエッチング・チャンバ11へ搬入して高温プロセスを行い、続いて第2のエッチング・チャンバへ搬入して低温プロセスを行い、アンロード室36へ搬出するという一連の操作を、途中でウェハ19を大気開放することなく連続的に行うことができる。以下の実施例では、上記エッチング装置を使用した実際のプロセス例について説明する。

【0016】実施例1

本実施例は、Cu層のエッチング工程とTi/TiON系の2層構造バリヤメタルのエッチング工程とで使用されるエッチング・ガスを共にBCl₃/Cl₂混合ガスとし、後者の工程において基板の加熱温度を低下させた例である。このプロセスを、図1(a)ないし(c)を参照しながら説明する。

【0017】まず、図1(a)に示されるように、酸化シリコンからなる層間絶縁膜1上にたとえばスパッタリングに厚さ約300ÅのTi層2、および厚さ約1000ÅのTiON層3を順次積層してバリヤメタル4を形成し、続いてCu層5を約4000Åの厚さに形成し、さらに耐熱性のエッチング・マスク6を選択的に形成し

5

た。ここでは、上記エッチング・マスク6としてプラズマCVD法により形成されたSiN膜をレジスト・マスクを介してCF₄/O₂系混合ガスによりパターニングしたものを使用した。CVDやSOG塗布等により形成された酸化シリコン系のマスクを使用しても良い。

【0018】次に、上述の基体をウェハ19として上記第1のエッチング・チャンバ11内の第1のウェハ載置電極13上にセットし、ヒータ14を用いて該ウェハ19を約300℃に加熱した。この状態で、一例としてBCl₃流量20SCCM、Cl₂流量30SCCM、ガス圧6.7Pa(50mTorr)、RFパワー密度0.45W/cm²(13.56MHz)の条件でCu層5のエッチングを行った。この条件では、Cu層5の表面においてCuCl₂が生成し、これがCl⁺、Cl₂⁺、B⁺、BCl₂⁺等のイオンによりスパッタリングされる形でエッチングが進行した。また、エッチング・ガスに添加されているBCl₃は還元性を有し、Cu層5表面に形成されている自然酸化膜を純Cuに還元してエッチングを速やかに進行させる作用を有する。この結果、図1(b)に示されるように、異方性形状を有するCu電極層5aが形成された。

【0019】ここで、上記エッチングはウェハ19面の少なくとも一部において下地のTiON層3が露出し始めた時点で終了させる必要がある。この場合の終点判定は、たとえば本発明者が先に特願平2-415023号明細書において提案した方法にしたがって行い、CuCl₂の分子スペクトルの中で比較的容易に観測できる6本のピーク位置、すなわち526nm、488nm、485nm、435nm、433nm、および402nmにおいて発光強度が減少し始めた時点をもって判定した。あるいは、終点を塩化チタンの発光に由来するピーク強度が増大し始める時点をもって判定することもできる。この方法は、やはり本発明者が先に特願平2-222396号明細書に提案しており、ピークの現れる波長域は410~420nmである。

【0020】次に、上記ウェハ19を第2のゲート・バルブ34を介して第2のエッチング・チャンバ21へ搬送して第2のウェハ載置電極23上にセットし、冷却水管24に温調水を循環させることにより該ウェハ19を約40℃に冷却した。ウェハ温度以外は上述のCu層5のエッチング時と同じ条件にてバリヤメタル4のエッチングを行った。この条件では、TiON層3もしくはTi層2の表面において生成したTiCl₄がCl⁺、Cl₂⁺、B⁺、BCl₂⁺等のイオンによりスパッタリングされる形でエッチングが進行した。この結果、図1(c)に示されるように、両層2、3はそれぞれ良好な異方性形状を有するTiパターン2aおよびTiONパターン3aとなり、アンダカット等の形状異常を生ずることなくバリヤメタル・パターン4aが形成された。

【0021】実施例2

6

本実施例は、Cu層のエッチングはNO₂ガス、バリヤメタルのエッチングはBCl₃/Cl₂混合ガスを用いてそれぞれ行い、後者の工程において基板の加熱温度を低下させた例である。エッチング・サンプルとしたウェハは、実施例1で使用したものと同一である。

【0022】まず、前述の図1(a)に示されるウェハ19を上記第1のエッチング・チャンバ11内の第1のウェハ載置電極13上にセットし、ヒータ14を用いて該ウェハ19を約150℃に加熱した。この状態で、一例としてNO₂流量50SCCM、ガス圧6.7Pa(50mTorr)、RFパワー密度0.45W/cm²(13.56MHz)の条件でCu層5のエッチングを行った。このNO₂を使用するCu系材料層のエッチングは、本発明者が先に特願平2-97245号明細書において提案したものであり、ウェハの加熱温度が200℃以下であってもCuを硝酸銅Cu(NO₃)₂の形で効率的に昇華除去させることができる。この方法には、ハロゲン系の活性種が存在しないためにマスク・パターンや下地である層間絶縁膜に対する選択比が大きくとれ、またウェハの加熱が比較的低温で行われるために酸化銅の生成も少なくなるという利点がある。このエッチングの結果、図1(b)に示されるように、異方性形状を有するCu電極層5aが形成された。NO₂はバリヤメタル4をほとんどエッチングしないので、TiON層3の表面が露出した時点でエッチングは終了した。

【0023】次に、上記ウェハ19を第2のゲート・バルブ34を介して第2のエッチング・チャンバ21へ搬送して第2のウェハ載置電極23上にセットし、冷却水管24に温調水を循環させることにより該ウェハ19を約40℃に冷却した。この状態で、一例としてBCl₃流量20SCCM、Cl₂流量30SCCM、ガス圧4Pa(30mTorr)、RFパワー密度0.45W/cm²の条件にてバリヤメタル4のエッチングを行った。この結果、図1(c)に示されるように、アンダカット等の形状異常を生ずることなくバリヤメタル・パターン4aが形成された。

【0024】以上、本発明を2つの実施例にもとづいて説明したが、本発明は上述の実施例に何ら限定されるものではない。たとえば、Cu層5をエッチングするためのエッチング・ガスとしては、実施例1で上述したBCl₃/Cl₂系混合ガスの他、Cl₂/HCl系、Cl₂/HCl/BCl₃系等の従来公知の塩素系混合ガスを使用することができる。また、実施例2で上述したNO₂の他、NO、N₂O、N₂O₃等の酸化窒素ガス、N₂/O₂系混合ガス、酸化窒素やN₂/O₂系混合ガスにさらにフッ素系ガスを添加してなる窒素系混合ガス等を使用することができる。さらに、これら塩素系ガスや窒素系ガスには、希釈効果、スパッタリング効果、冷却効果等を付与する意味でHe、Ar等の希ガスを適宜添加しても良い。一方、バリヤメタル4をエッチングす

7

るためのエッチング・ガスとしては、Cu層5のエッチングと同様、各実施例で上述したBCl₃/Cl₂系混合ガスの他にCl₂/HCl系、Cl₂/HCl/BCl₃系、SiCl₄等の塩素系ガスを使用することができる。また、CF₄、SF₆、NF₃等のフッ素ガスも使用することができるが、この場合は生成するTiF₄の蒸気圧が低いため、エッチング・ガスにO₂を添加してTiをオキシフッ化物(TiF₄・O₂)の形で昇華除去させれば、エッチング速度を大幅に向上させることができる。

【0025】

【発明の効果】以上の説明からも明らかなように、本発明によればバリヤメタルとCu系材料層とが積層される多層膜のエッチングにおいて、バリヤメタルのエッチング時にウェハ加熱温度が低下されるので、該バリヤメタルにアンダカット等の形状異常を発生させることなく、良好な異方性加工を行うことが可能となる。したがって本発明は、微細なデザイン・ルールにもとづき高集積度および高性能を要求される半導体装置の製造に極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のドライエッチング方法の一実施例をその工程順にしたがって示す概略断面図であり、(a)は

8

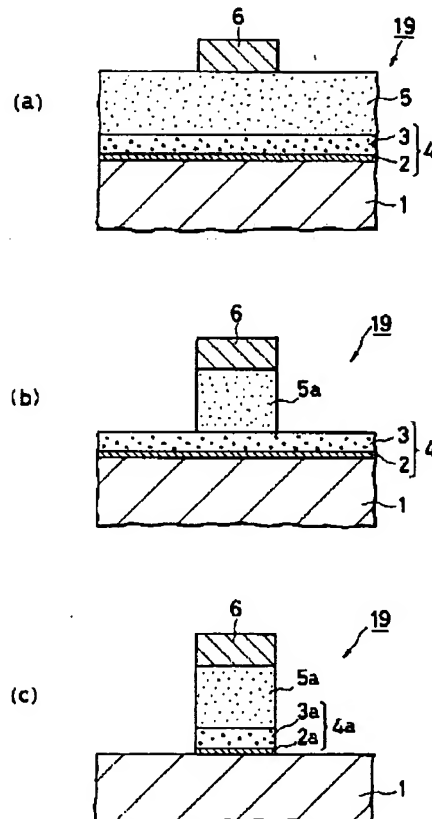
エッチング前のウェハの状態、(b)はCu層のエッチングが終了してCu電極層が形成された状態、(c)はバリヤメタルのエッチングが終了した状態をそれぞれ示す。

【図2】本発明のドライエッチング方法を実施するために使用されるエッチング装置の一構成例を示す概略断面図である。

【符号の説明】

- 1 . . . 層間絶縁膜
- 10 2 . . . Ti層
- 3 . . . TiON層
- 4 . . . バリヤメタル
- 5 . . . Cu層
- 5a . . . Cu電極層
- 6 . . . エッチング・マスク
- 11 . . . 第1のエッチング・チャンバ
- 13 . . . 第1のウェハ載置電極
- 14 . . . ヒータ
- 19 . . . ウェハ
- 20 21 . . . 第2のエッチング・チャンバ
- 23 . . . 第2のウェハ載置電極
- 24 . . . 冷却水管
- 34 . . . 第2のゲート・バルブ

【図1】



【図2】

